

NMEA 2000 기반 2차원 초음파 풍향 풍속계에 관한 연구

A Study on NMEA 2000 based two-dimensional Ultrasonic Anemometer

김종현*, 박동현*, 김경엽*, 유영호**

Jong-Hyun Kim*, Dong-Hyun Park*, Kyung-Yup Kim* and Yung-Ho Yu**

요 약

최근에는 NMEA 2000 프로토콜이 SOLAS 선박의 실시간 네트워크 장비의 표준으로 인증 된다. 본 논문에서는 항해 필수 장비인 초음파 센서를 이용한 NMEA 2000이 탑재된 2차원 풍향 풍속계를 개발하였다. 개발된 시스템은 NMEA 2000 장비와의 연결을 테스트하기 위해 수심, 속도, GPS 장비로 구성된 NMEA 2000 네트워크에 연결하였으며, 기존에 제작된 타사 풍향 풍속계와 비교하기 위해 기능시험을 수행하였다.

Abstract

Recently NMEA 2000 protocol is familiarized as a standard real time instrument network of SOLAS ship. This paper is studied to develop NMEA 2000 based two-dimensional ultrasonic anemometer which is core device for navigation as a sensor of wind speed and direction using ultrasonic including temperature and barometer. Developed system is connected to NMEA 2000 network which is composed of various kinds of merchandised NMEA 2000 device such as depth gauge, speed gauge, GPS device etc. to test connectivity with other NMEA 2000 device and functional test are carried out as weather station in comparison with other merchandised weather station which are developed advanced foreign company to ascertain usability as a weather station on board.

Key words : NMEA 2000, Sonic Anemometer, Navigation device

I. 서 론

초음파 풍향 풍속계의 장점은 먼저, 기계식과는 달리 움직이는 부분이 없기 때문에 기계적 마찰 저항으로부터 자유롭고 풍속에 대한 초음파의 반사시간을 측정하기 때문에 저속의 풍향도 측정할 수 있다.

둘째, 초음파 방식은 기기를 소형화 할 수 있고, 기

계식에 비해 측정 지역의 바람이 갑작스러운 변화에도 잘 적응하며, 낮은 풍속과 강풍까지 측정할 수 있다. 셋째, 임베디드 시스템에서 작동되기 때문에 데이터의 수집이 용이하고 데이터베이스 관리 및 보관이 가능하여 순간 풍속, 평균 풍속, 평균 풍향 등의 데이터 기록과 보관이 편리하며 유용한 데이터베이스로 활용할 수 있는 이점이 있다. 따라서 현재의 기

* 한국해양대학교 제어계측공학과(Department of Control and Instrumentation Engineering, Korea Maritime University)

** 한국해양대학교 제어계측공학과(교신저자)

· 제1저자 (First Author) : 김종현

· 교신저자 (Correspondent Author) : 유영호

· 접수일자 : 2xxx년 x월 x일

계식 풍향 풍속계는 점차적으로 초음파 풍향 풍속계로 대체되어 질 전망이다. 또한, ISO는 NMEA (National Marine Electronic Association) 2000을 SOLAS(Safety of Life at Sea) 선박의 표준 인스트루먼트 네트워크로 채택하여 향후 선박에의 적용은 점차 가속화 될 것으로 예상된다. IMO(International Marine Organization)에서는 2012년부터 e-Navigation의 실현 계획에 따라 NMEA 2000 네트워크 프로토콜을 구현한 장비의 적용을 더욱 가속화 시킬 것으로 판단된다 [1-2]. 미국과 유럽에서는 이에 상응하는 제품이 이미 개발 또는 상용화 되어있으나 국내에는 아직 미미한 수준이다. 따라서 e-Navigation 시대를 대비해 NMEA 2000 기반의 장비 개발에 대한 연구가 필요하다.

본 연구에서는 2차원 초음파 풍향 풍속 시스템의 기본 원리와 풍향과 풍속에 대한 초음파의 특성을 분석하였다. 또한 GPS 및 콤팩스등의 부가기능을 추가 하였으며, NMEA 2000[3-4] 네트워크의 특성을 분석하고 기존의 상용화된 제품이 연결된 NMEA 2000 네트워크에서 풍향 풍속의 데이터를 실시간으로 전송되는 것을 확인함으로써 NMEA 2000 네트워크에서 동작하는 초음파 풍향풍속계를 개발하고자 한다.

II. 초음파 풍향 풍속 시스템

2-1 초음파 풍향 풍속계의 원리

초음파 풍향 풍속계는 동, 서로 마주보고 남, 북으로 서로 마주보는 4개의 초음파 센서로 구성되고, Doppler 효과의 원리에 기초한다. 초음파 측정을 위해 초음파 펄스를 마주보고 있는 초음파 센서를 향하여 발사한다. 발사한 방향과 같은 방향으로 바람이 불 경우 반대방향에 비해 초음파가 도달하는 시간이 짧아진다. 예를 들어, 동풍이 불 때에는 동쪽 트랜스듀서에서 초음파 펄스를 발사하여 서쪽 트랜스듀서에서 수신 할 때가 서에서 동으로 발사할 때 보다는 초음파가 도달하는데 걸리는 시간이 더 빨라지고 남과 북에서는 변화가 없을 것이다. 그림 1은 초음파센서의 송수신 방향을 보여 준다. 화살표의 방향으로

초음파를 송수신 하며, 숫자의 차례대로 4방위의 초음파의 속도를 비교한다.

기본 적인 풍향 풍속의 측정은 초음파의 송·수신 장치 사이의 공기흐름에 의한 초음파의 도달시간의 차이를 이용하는 것이다.

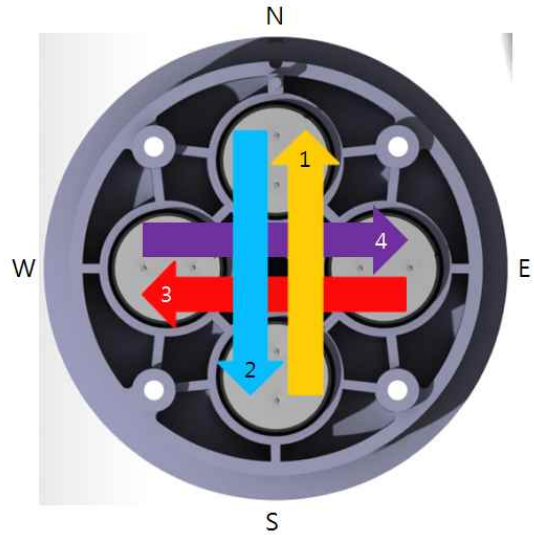


그림 1. 초음파 센서의 송수신 방향
Fig. 1. Transmission direction of ultrasonic sensor.

그림 2는 풍속 측정을 위한 원리도이다. 송수신 겸용 센서를 서로 마주 보게 하고 그 사이의 간격을 L, 초음파 트랜스듀서1에서 송신하여 트랜스듀서2에서 수신 할 때까지의 시간을 T_1 , 반대로 송수신 할 때를 T_2 라 하면 T_1 과 T_2 의 시간은 아래와 같이 된다.

$$T_2 = \frac{L}{C - V} \quad , \quad T_1 = \frac{L}{C + V} \quad (1)$$

따라서 음속(C) 및 풍속(V)에 대해 각각 전개하면 식 2 및 식 3이 된다. 음파의 속도는 $331.42 + 0.6T$ 이고, T는 절대온도이다.

$$V = \frac{L}{2} \left(\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2} \right) \quad (2)$$

$$C = \frac{L}{2} \left(\frac{1}{T_1} + \frac{1}{T_2} \right) \quad (3)$$

음파의 속도는 $331.42+0.6T$ 이고, T는 절대온도이다. 식 3의 음속은 온도 및 습도의 영향을 받음으로 식 2의 풍속(V)에 대한 값만 취하여 사용한다.

바람이 불지 않는 이상적인 상황에서는 T_1 과 T_2 는 동일할 것이다. 바람이 불면 음파의 속도에 변화가 생기고 x 방향의 속도는 다음과 같다.

$$2 \times V_x = \left(\frac{L}{T_1} - C\right) + \left(C - \frac{L}{T_2}\right) \quad (4)$$

$$V_x = \frac{L}{2} \left(\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2}\right) \quad (5)$$

여기에서 풍속 방향 벡터의 크기와 각도는 식 6 및 식 7이 된다.

$$|V| = \sqrt{V_x^2 + V_y^2} \quad (6)$$

$$\angle_v = \tan^{-1} \left(\frac{V_x}{V_y}\right) \quad (7)$$

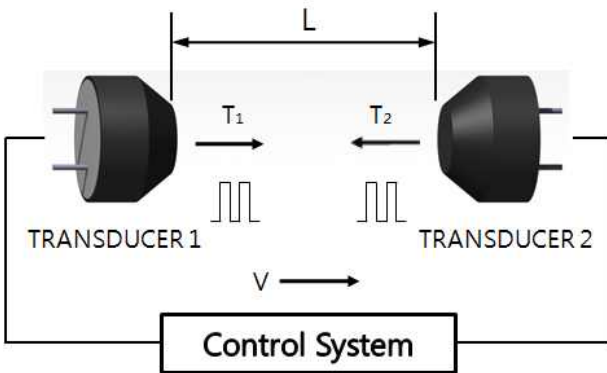


그림 2. 초음파 센서의 원리도
Fig. 2. Principle of ultrasonic sensor.

2-2 H/W의 구성

본 논문에서는 초음파 풍향 풍속계를 소형으로 만들기 위하여 총 3개의 기판을 제작하였다. 속도 및 방향, 위치등을 계산하기 위한 PCB는 Compass 및 GPS 수신부(그림 3)와 4개의 초음파 센서로 풍향과 풍속을 측정하는 초음파 송수신부(그림 4), 그리고 데이터를 취합하여 NMEA 2000 데이터로 변환하여 네트워크에 전송하는 NMEA 2000 스택이 올라가 있는 CAN 통신 네트워크부(그림 5)로 나누어진다.

각각의 PCB는 서로 다른 역할을 수행하여 각 CPU에서 획득한 데이터를 네트워크에 유효한 데이터로 활용하기 위해서는 네트워크를 담당하는 CPU로 전송할 필요가 있다. 데이터를 전송하기 위하여 3개의 CPU는 I2C 및 SPI를 이용하여 데이터를 전달한다. 그림 6은 SPI 직렬 데이터를 데이지체인(Daisy Chain) 연결 방식의 회로도로서 NMEA 2000 네트워크를 담당하고 있는 CPU(LPC 2129)가 데이터를 통합하여 수집하고 유효한 NMEA 2000 PGN 데이터로 변환하여 네트워크로부터 요청 또는 PGN에 따라 정해진 갱신율에 따라 자발적으로 네트워크에 정보를 전송한다.

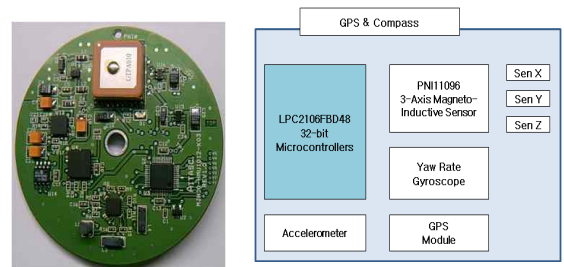


그림 3. 컴퍼스 및 GPS PCB 구조
Fig.3. Configuration of Compass and GPS PCB.

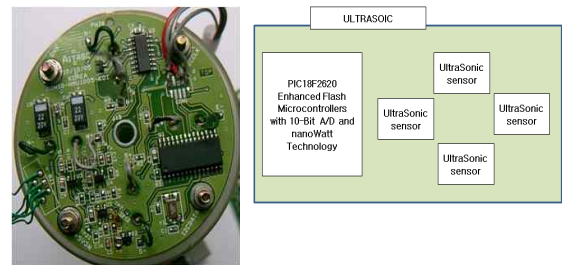


그림 4. 초음파 풍향풍속계 PCB의 구조
Fig.4. Configuration of sonic anemometer PCB.

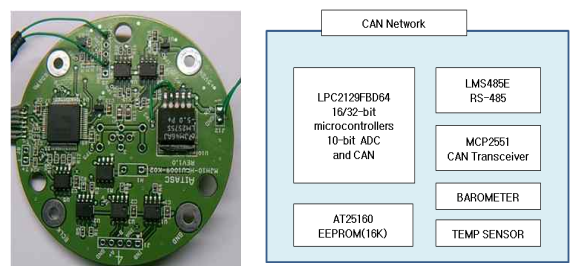


그림 5. NMEA2000 Network PCB의 구조
Fig.5. Configuration of NMEA2000Network PCB.

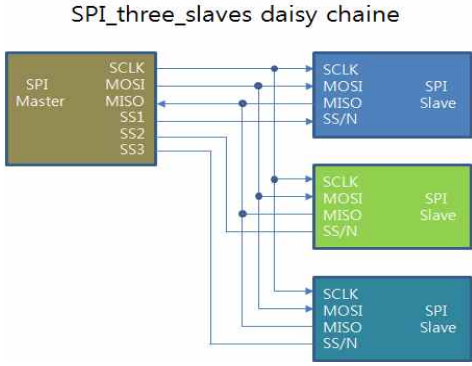


그림 6. SPI통신을 위한 데이지체인
Fig. 6. Daisy chain of SPI Communication.

2-3 S/W의 설계

풍속을 구하기 위해서는 초음파의 도달시간 즉 동서 및 남북으로 배치된 두 쌍의 송수신 센서에서 측정된 초음파 펄스의 도달 시간을 기초로 하여 구할 수 있다. 송신 센서에서 PWM을 이용하여 40KHz의 파형을 생성하여 6개의 펄스를 송신한다. 수신 센서에서는 송신된 시간부터 타이머를 작동시키고, 수신 센서에 펄스가 도착할 때까지의 타이머의 카운트 값으로 시간을 계산한다. 풍속에 따른 시간의 변화량은 0에서 수 μsec 의 변화량을 가지며 최대 50 μsec 를 넘지 않아야 한다. 풍속으로 계산을 하면 34m/sec 까지 측정 할 수가 있음을 나타낸다. 사방위 E->W, W->E, S->N, N->S 의 풍속시간을 측정하여 풍속과 풍향성분의 벡터를 추출 할 수 있다. 측정 원리는 앞서 설명한 2-1의 초음파 풍향 풍속의 원리에 기초한다. 방향 벡터는 라디안으로 표시되므로 각도를 구하기 위한 순서도를 그림 7에 도시하였다.

초음파 풍향 풍속계는 NMEA 2000 네트워크의 주소 요청에 응답하여야 한다. 그러기 위해서는 자기 주소(Source Address)를 가져야 하며 자신의 이름을 나타내는 PGN 60928의 데이터 패킷을 전송할 수 있어야 한다. 풍속과 풍향의 데이터를 전송하기 위해서는 주소요청 PGN, 요구 PGN 및 멀티패킷을 구현하여야 한다. 그림 8은 NMEA 2000 네트워크의 주소요청에 대한 프로우 차트이다.

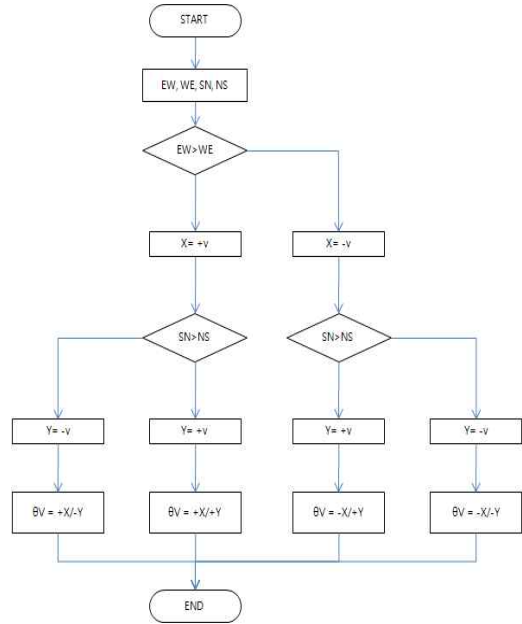


그림 7. 방향벡터 계산을 위한 흐름선도
Fig. 7. Flow chart for calculating direction vector.

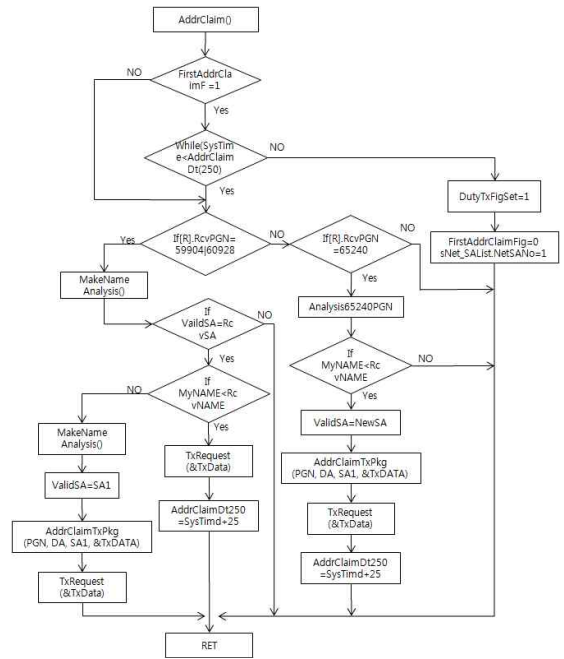


그림 8. 주소요청에 대한 프로우 차트
Fig. 8. Flow chart for Address Claim

III. 실험 및 결과

3-1 실험

NMEA 2000 네트워크는 다양한 장치를 이용해서 구성을 할 수 있다. 그림 9은 네트워크 실험 장치로서 기존의 GPS 와 풍향 풍속계를 연구 개발된 제품으로 대체 하였다. 그림 10은 개발된 장치와 NMEA 2000 네트워크의 실험장치의 결선을 보여준다. 이는 풍향 풍속계를 네트워크에 연결하고 8개의 방위각을 비교 실험하기위한 장치이다. 회전판은 알루미늄으로 제작하였고, 고정판과 회전판을 분리하였다. 회전판은 8방위의 고정홈을 파서 각각의 방위 측정시 핀으로 고정되게 하였다.

또한 연구 개발한 실험장비의 성능을 비교하기 위하여 실험환경을 동일하게 만든 후 M사와 A사의 풍향 풍속기의 비교실험을 하였다.

3-2 실험 결과 비교

그림 11은 PC 모니터링 프로그램으로 개발된 풍향 풍속기의 SA 25(자기주소)가 풍속데이터 PGN 130306이 네트워크에 응답함을 나타내며 NMEA 2000 네트워크에서 작동됨을 알 수 있다.

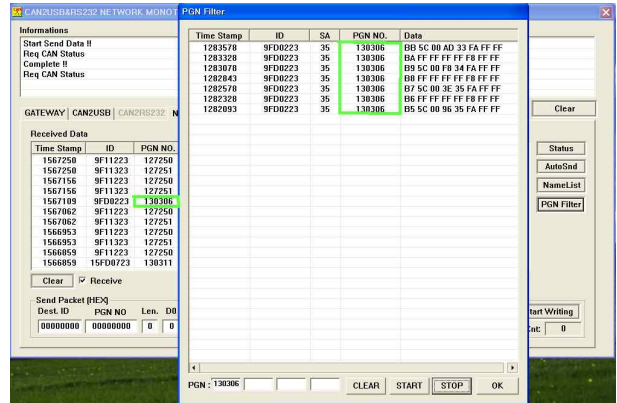


그림 11. 네트워크 장치 모니터링 창
Fig. 11. Network Device Monitoring Window.

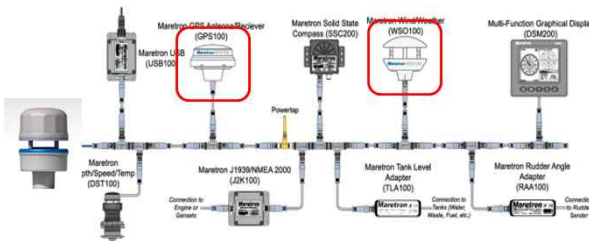


그림 9. NMEA 2000 네트워크 실험장치
Fig. 9. NMEA 2000 network experiments.



그림 10. NMEA 2000 네트워크 실험 장치의 결선
Fig. 10. NMEA 2000 Network connection of the experimental device

본 논문에서는 NMEA 2000 네트워크에 제작한 조음과 풍향 풍속계와 WSO100(M사), PB200(A사)의 비교 연구를 위하여 8개의 방위각의 풍향과 선풍기의 미풍, 약풍 및 강풍의 3가지 풍속 실험을 하였다.

M사 풍향 풍속기의 실험 데이터는 Table 1에 A사는 Table 2에 본 연구의 결과는 Table 3에 각각 표시하였다.

A사의 풍속은 미풍과 약풍에서 측정각도에 따라 0~3m/s, 강풍에서는 1~2m/s의 편차가 발생하였다. 풍향은 측정각도에 따라 0~10도의 편차를 보였다. M사의 풍향은 미풍에서 3~5m/s, 약풍에서 3~6이고, 강풍에서는 2~10m/s로 편차가 발생하였고, 풍속은 측정 각도에 따라 0~10도의 편차가 발생하였다. 본 논문에서 구현한 풍향 풍속계는 전체적으로 약간의 변동폭을 가지고 있었으며 평균편차는 2~10도가 발생하였다. 본 연구에서 비교실험의 데이터결과를 분석하면 A사에서 가장 편차가 심하게 나왔으며, M사 및 본 연구의 데이터는 유사하게 나왔다.

표 1. M사의 실험데이터

Table 1. Experiment data of M company.

속정각	미풍		약풍		강풍	
	풍속(m/s)	풍향	풍속(m/s)	풍향	풍속(m/s)	풍향
0	1.9~2.2	0	1.8~2.5	0	2.3~3.3	0
45	1.9~2.3	45	2.5~2.8	45	3.1~3.3	49
90	1.9~2.4	92	2.3~2.9	92	2.9~3.5	92
135	2.1~2.4	131	2.6~3.0	132	2.9~3.5	132
180	2.0~2.2	190	2.3~2.9	180	2.7~3.2	182
225	2.0~2.4	223	2.3~2.7	223	2.4~3.2	223
270	2.2~2.5	270	2.3~2.9	268	3.4~3.7	270
315	1.9~2.3	320	2.2~2.7	330	2.9~3.5	330



로 확인하였으며, 타사의 제품과 성능 비교를 통하여 데이터를 검정하였다. 현재 미국등 선진국에서는 NMEA 2000 프로토콜을 탑재한 다양한 제품이 나와 있으나 국내의 조선 기자재 업체에서는 그에 대한 대비가 미미한 실정이다. 본 연구에서 구현한 NMEA 2000 기반의 2축 초음파 풍향 풍속계를 활용하여 다양한 제품에 적용한다면 향후 e-Navigation 시대를 대비한 국내의 조선 기자재 시장에서 그 활용가치가 높을 것이라 기대한다.

감사의 글

본 연구는 지식경제부 및 한국산업기술평가관리원의 IT핵심기술개발사업의 일환으로 수행하였음.[2008-F-046-01, E-Navigation 대응 IT-선박융합 핵심기술 개발].

표 2. A사의 실험데이터

Table 2. Experiment data of A company.

속정각	미풍		약풍		강풍	
	풍속(m/s)	풍향	풍속(m/s)	풍향	풍속(m/s)	풍향
0	2.7-2.9	0	3.2~3.4	0	3.8-4.0	0
45	2.6-2.8	35	3.1-3.2	35	3.9-4.0	38
90	2.1	81	2.4-2.7	90	3.1-3.2	82
135	1.9-2.1	125	2.3-2.4	125	2.9-3.1	128
180	1.7-1.9	185	2.1-2.2	180	2.6-2.7	180
225	2.1-2.2	242	2.6-2.7	240	3.0-3.2	235
270	2.4-2.6	282	2.9-3.0	270	3.3-3.5	275
315	2.6-2.7	320	3.0	320	3.4-3.6	320



참 고 문 헌

- [1] 유영호, “차세대IT선박 기술분석과 전망”, 전자공학회지, vol. 35, no. 2, pp. 19-29, 2008.
- [2] NAV 54차 회의에 따른 새로운 IT조선기자재 동향 및 IT Find 주간 기술동향, 정보통신연구진흥원, Vol. 1368, pp. 29-38, 2008.
- [3] Membership Information in NMEA <http://www.nmea.org>
- [4] NMEA 2000 Standard For Seral-Data Networking Of Marine Electronic Devices, Appendix C, Certification Criteria and Test Methods, Version 1.200, October 1, 2004
- [5] 박동현, 김종현, 김경엽, 홍지태, 유영호, “Development of SOC for NMEA 2000 Ship Standard Network Protocol Using FPGA”, International Symposium on Marine Engineering (ISME), 2009.
- [6] 박도현, 예윤해, "위상 측정 방식을 이용한 3차원 초음파 풍향풍속계의 특성분석", 센서학회지 제 15권 제6호, 2006, pp. 442 - 448

표 3. 본 연구에서 제작한 장비의 실험데이터

Table 3. Experiment data of this study.

속정각	미풍		약풍		강풍	
	풍속(m/s)	풍향	풍속(m/s)	풍향	풍속(m/s)	풍향
0	2.4-2.6	1-4	2.9-3.2	3-5	3.3-3.8	3-8
45	2.3-2.6	44-47	2.7-3.1	41-45	3.2-3.4	44-48
90	2.0-2.3	91-95	2.5-2.7	93-97	2.8-3.1	97-100
135	2.1-2.4	141-144	2.6-2.9	138-143	3.0-3.3	140-144
180	2.0-2.4	186-180	2.7-3.1	179-182	3.1-3.5	179-184
225	2.0-2.2	226-229	2.3-2.5	225-227	2.7-3.0	225-229
270	1.8-2.0	273-278	2.3-2.5	276-280	2.6-2.9	277-280
315	2.3-2.5	323-329	2.6-2.8	326-329	3.0-3.4	327-329



IV. 결 론

본 논문에서는 NMEA 2000 프로토콜을 탑재한 2차원 초음파 풍향 풍속계를 구현하였다. NMEA 2000 네트워크 스택을 탑재하여 PC모니터링 프로그램으

김 중 현 (金鍾鉉)



통신

1988년 2월 : 영남대학교 전자공학과 (공학사)
2011년 2월 : 한국해양대학교 제어 계측공학과(공학석사)
2004 ~ 현재 : 팜텍 대표
관심분야: 디지털제어시스템, 임베디드 시스템 , NMEA 2000 네트워크

김 경 엽 (金璟燁)



Estimation Algorithm, Intelligent control, micro-controller based control system

1999년 2월 : 동아대학교 전기공학과 (공학사)
2002년 2월 : 한국해양대학교 제어 계측공학과(공학석사)
2009년 2월 : 동아대학교 전기공학과 (공학박사)
관심분야 : NMEA2000 Stack,

박 동 현 (朴東鉉)



2009년 2월 : 한국해양대학교 IT공학 부(공학사)
2011년 2월 : 한국해양대학교 제어 계측공학과(공학석사)
관심분야: 디지털제어시스템, 임베디드 시스템, NMEA 2000 프로토콜, FPGA, e-Navigation

유 영 호 (劉永昊)



1978-1980년 : 한국선급협회 기관검사원
1991년 - 현재 : 한국해양대학교 IT공학부교수
관심분야 : 선박표준네트워크, e-navigation 시스템, 조선기자재 임베디드시스템화

1974년 2월 : 한국해양대학교 기관공학과(공학사)
1986년 2월 : 한국해양대학교대학원 제어공학전공(공학석사)
1990년 2월 : 한국해양대학교대학원 제어공학전공(공학박사)
1974-1978년 : 승선근무(기관장)